



台湾・海南島及比律賓熱帯土壤の磷酸状態と固定型に関する研究

佐伯, 秀章

(Citation)

兵庫農科大学研究報告. 農芸化学編, 1(2):69-75

(Issue Date)

1954-12

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81008136>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81008136>



台湾・海南島及び比律賓熱帯土壌の燐酸状態と 固定型に関する研究

佐 伯 秀 章 (土壌学講座)

Phosphorus Status and the Type of Fixation in Tropical Soils of Formosa, Hainan- and Philippine Islands.

Hideaki SAKKI

台湾、海南島及びフィリッピンの主として赭土 (Lat-
eritic soil) につきそのPの状態、特にP固定力、有効
P量、吸収係数並にP固定の因子等について報告する。

A 供 試 土 壤

第1表記載の主として未耕地土壌を採り <0.5mm の
ものについて実験を行った。

台 湾 : 4.4-6.3 (平均5.1)
赭土 (平均4.8)
海南島 : 4.7-6.7 (平均5.6)
花崗岩質 (平均6.0)
玄武岩質 (平均5.4)
比 島 : 5.0-6.2 (平均5.7)

Table 1. Description of Sample Soils.

Soil No.	Occurrence	Soil Name	Mother Rock	Land Features	Soil Class
F.1	台湾新竹州平鎮	赭土	砂岩質岩	未耕地	壤 土
F.2	同 新竹州崁仔脚	赭土	砂岩質岩	未耕地	壤 土
F.3	同 台北州北投	赭土	安山岩	未耕地	壤 土
F.4	同 台東市	赭土	粘板岩	未耕地	壤 土
F.5	同 台南州車店	看天田土	砂岩質岩	畑 地	壤 土
F.6	同 台中州二水	-	粘板岩	畑 地	壤 土
F.7	同 台北州台北	-	砂岩質岩	畑 地	壤 土
F.8	同 台北州草山	腐植土	安山岩	未耕地	壤 土
K.1	海南島万寧県南橋丘陵	赭土	花崗岩	未耕地	壤 土
K.2	同 儋県王五・海頭間	赭土	花崗岩	未耕地	壤 土
K.3	同 臨高県	赭土	花崗岩	未耕地	壤 土
K.4	同 定安県嶺口	赭土	玄武岩	畑 地	壤 土
K.5	同 定安県仙滯	赭土	玄武岩	未耕地	壤 土
K.6	同 澄邁県金光嶺下	赭土	玄武岩	未耕地	壤 土
K.7	同 澄邁県福山	赭土	玄武岩	未耕地	壤 土
P.1	比島マウンテン州マンカヤン	赭土	安山岩	未耕地	壤 土
P.2	同北イロコス州サンニコラス	赭土	堆積岩	未耕地	壤 土
P.3	同南イロコス州ビガン	赭土	堆積岩	未耕地	壤 土

B 土 壌 の 燐 酸 状 態

各土壌について pH、有効P量、P固定力、P吸収係数
全 Fe, Al, P Ca, 熱 HCl 可溶 P, Fe, Al, N/5 HCl
可溶P及 Ca, 遊離 Fe, Al 等を測定した結果は第2表
の通りである。一般的な分析は常法により、特殊なもの
は次の方法で行った。

有効P量 : TRUOG 法⁽¹⁾ によった。

P固定力 : HECK 法⁽²⁾ によった。即ち 5g の土壌
に 50cc H₃PO₄ (2mgP を含む) を加え、45分間に蒸
発乾固しこれを 400cc TRUOG 液で30分間浸出してPを
定量し、別に 5g の土壌中の有効P量を TRUOG 法にて
求め、この両者の差から計算した。

遊離 Fe, Al の定量 : DROSDOFF 及 TRUOG 法⁽³⁾ で、
土壌に H₂S を通じて溶出分離する方法である。

土壌の pH : 第2表によつて先ず3地域の pH を比較
すると次の様になる。

赭土について比較すれば、
比島≧海南島>台湾となる
が比島や海南島に比して台
湾のものは著しく低い。

P 固定力 : これは 71-
97%の間にあり平均87%で
あつて一般に高い固定力を
示している。佐伯・東⁽⁴⁾ の
測定した兵庫県下30箇所の
土壌では37-84%平均56%
で上記の値より30%も低い
他方100 箇所のハワイ土壌
の同法による固定力につい
ての HECK⁽²⁾ の報告によ

ると、その中約80箇所の土壌が70-95%以上の固定力を
有していた。従つて熱帯土壌として何れも大体同じ様に
高い固定力を有することが分る。

次に3地域について固定力を比較すると次の様になる

台 湾 : 71.2-95.9 (平均84.9)
赭土 (平均88.5)
海南島 : 77.8-96.7 (平均88.2)
花崗岩質 (平均82.7)
玄武岩質 (平均92.4)
比 島 : 76.9-89.3 (平均83.0)

即ち赭土について云えば台湾と海南島は同じ程度で、比
島は割合に低い。海南島赭土を母岩別に比較すると玄武
岩質>花崗岩質である。塩基性岩たる玄武岩質が、酸性
岩たる花崗岩質よりも固定力が高いという事は、固定の
一要素たる鉄などの有色鉱物が前者に多いという事から
考えられる所である。

Table 2. Analytical data referred to P-status of sample soils.

Soil No.	Soil pH	Avail. P_2O_5 mg/100g	P-fix. Power %	P-abspt. Coeff. mg/100g	Total Fe_2O_3 %	Total Al_2O_3 %	Total P_2O_5 %	Total CaO %	hot HCl sol. Fe_2O_3 %	hot HCl sol. Al_2O_3 %	hot HCl sol. P_2O_5 %	N HCl sol. P_2O_5 %	N HCl sol. Ca %	Free Fe_2O_3 %	Free Al_2O_3 %
F.1	5.0	13.1	80.2	1323	7.8	4.5	0.38	1.6	5.0	4.5	0.08			4.9	4.5
F.2	4.9	18.6	92.2	1171	8.2	6.3	0.34	1.9	6.5	4.5	0.10			5.3	3.9
F.3	4.6	11.7	90.1	788					8.7	15.4	0.22				
F.4	4.7	14.6	91.8	700					8.1	3.9	0.30				
F.5	6.3	13.1	71.2	400			0.21		2.8	2.4	0.03				
F.6	5.9	21.9	79.4	750	9.8	5.5	0.44	2.5	6.3	3.6	0.12				
F.7	5.1	16.0	78.6	646	5.7	5.1	0.36	2.4	4.0	3.0	0.09				
F.8	4.4	10.2	95.9	2373					7.6	13.1	0.19				
K.1	6.0	13.1	90.9	687								0.001	0.083		
K.2	6.7	17.5	77.8	817								0.001	0.126		
K.3	5.2	26.2	79.4	651											
K.4	6.3	7.3	95.9	1952								0.009	0.085		
K.5	4.7	8.7	87.6	523								Trace	0.031		
K.6	5.3	10.2	96.7	810								0.004	0.090		
K.7	5.1	5.8	89.3	797								0.001	0.058		
P.1	5.0	5.8	89.3	1231								0.003	0.050		
P.2	6.2	10.2	82.7	1101								0.003	0.747		
P.3	5.8	10.2	76.9	992								0.004	0.310		

有効P量：Truog 法による有効 P_2O_5 量 (mg/100g) を3地域について比較すると次の様になる。

台湾：10.2-21.9 (平均14.9)

粘土 (平均14.5)

海南島：5.8-26.2 (平均12.7)

花崗岩質 (平均18.9)

玄武岩質 (平均8.0)

比島：5.8-10.2 (平均8.7)

即ち粘土に就て比較すれば有効P量は台湾>海南島>比島の順となり、海南島土壌では花崗岩質に比し玄武岩質のものが著しく少量である。高木⁽⁴⁾はこの玄武岩質粘土を1週間沸水して $\frac{N}{5}$ HCl 可溶Pの増加率をみたが、日本内地のものに比べて著しく増加の僅少なを認め、固定の強力なことを推論している。

P吸収係数：磷酸アンモニア法による吸収係数を3地域に就てまとめると次の様である。

台湾：400-2,373 (平均1,019)

粘土 (平均995)

海南島：523-1,952 (平均891)

花崗岩質 (平均719)

玄武岩質 (平均1,026)

比島：992-1,231 (平均1,108)

即ち互に大差はないが何れも高い吸収力を示している。同一地域の土壌同志では、固定力と吸収係数とは平行していた。吸収係数に対する Truog 法有効P量の割合を計算すると台湾 1.5, 海南島 1.4, 比島 0.8%で比島が特に低い。

C 磷酸固定とその因子

各pHに於けるP固定曲線を求め、各土壌について比較検討を行い、併せてその固定上有力な因子を検索して各土壌の固定機構を判断しようとした。この実験には台

湾と海南島の土壌を用い、比島土壌は都合上省略した。

<0.5mmの土壌1gに H_3PO_4 と水と pH 調節のための HNO_3 又は NH_4OH とを加えて全量を 50cc とし、 H_3PO_4 の濃度が $\frac{N}{50}$ になるようにした。時々充分に振盪しつつ 30℃ にて一夜放置し濾過した。高い pH にて起り勝ちな土粒の分散が甚しい場合には、極く少量の K_2SO_4 を添加して土粒の沈降を促進させた。この濾液につき平衡時の pH と溶存P量とを測定し、添加P量から差引いて不溶化P量を求めP固定量とした。

この様にして求めた各土壌のP固定曲線は第1図の(1)-(12)に示してある。この曲線を互に比較するとその形状は土壌により夫々の特異性を示している。この形状の差は固定の機構の如何によつて現われるものと解釈できるからこれについて考察を行った。

固定の原因となる因子に就て Davis⁽⁷⁾ は、1) 土壌中の可溶性塩の Cation、或は溶液中の之等の Cation によつて土壌から置換された Cation が、P-ion と沈澱を形成すること、2) 比較的不溶性の土壌鉱物が複分解して不溶性のPを生ずるような反応を行うこと、3) Pが土壌と溶液の広い中間表面に於て吸着すること、4) Pが土壌鉱物により吸収されて若干数の土壌-土壌相の中に Complex system を形成すること、の4つを挙げ、その中 2) の複分解説は之を否定し、3) の吸着を強調している。更に近年 Low 及び Black⁽⁸⁾ は Kaolinite にての実験から大きい因子として Phosphatolysis と名付ける現象を認めている。即ち粘土鉱物は Al-cation と Si-anion に解離しこの Cation と P-anion とが反応して不溶性の化合物を形成する。この際 Si-anion と P-anion が比例的に出入しつつ P が Al によつて固定され、かくて系の平衡の乱れが粘土鉱物の溶解の原因をなすという。

以上列記した因子をまとめてみると、1) P-ion の Anion 置換 (主に OH^- と) による吸着、2) Ca 等の 2 価の Cation との反応による不溶化、3) コロイドに存在する活性 Fe, Al との反応に基づく不溶化、4) Phosphatolysis による固定、の凡て又は何れかであるといえよう。

(1) さてまず吸着に就て考えると、この機構は主として OH^- ion と P-ion の置換に基づくもので、それはコロイドの静電氣的吸着力は P-ion よりも OH^- ion によつて満足されるからである。従て $[\text{OH}^-]$ の大きいほど OH^- ion の吸着は大で P-ion の吸着は弱いから、必然的に P-ion の吸着量は系の pH に反比例することになる^(15, 16, 17, 18)。仍て縦軸に P の吸着を、横軸に pH をとつて吸着曲線を画くと右下りの曲線となる訳で、これが吸着の場合の特性曲線と考える事ができ、而もこの曲線は原点を中心とし、且つ曲率の相異なる双曲線が典型的の形状であると考えうる。それで活性炭について P の吸着を次の様にして判断してみた。メルクの植物性活性炭 0.5g に $\frac{N}{50}$ になるように H_3PO_4 を加えて 50cc とし上記土壌の場合と全く同じ操作を行つて、各 pH に於ける P の吸着量を求め、而して活性炭自身も P を含有しているの、各 pH に於ける blank test を行つて上の数値と差引し、実際に添加 P から吸着した P 量を求めた。果してその曲線は第 1 図の (3) に示した様な双曲線的な上弦曲線が得られた。従てこの様な形の固定曲線を吸着による曲線と見做す事にした。

(2) 次に Ca, Mg などの反応について考える。この場合最も大きい影響を實際に示すものは Ca であつて、而も特に Tri-Ca-phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Ca-hydroxyapatite $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$, Ca-carbonate-apatite $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ を挙げる事は多くの人の示す処である。Ca や Mg による P の不溶化は高い pH で起るもので、存在する Ca, Mg の量や CO_2 の溶解量が曲線の形に影響するが、P 固定の力は Mg よりも Ca の方が強い^(9, 14, 20)。而も普通の土壌では Mg 量に比して Ca 量が遙かに大であるからこの場合最も大きい影響をなすものは Ca と考えてよい。Ca の磷酸塩は Cook⁽¹⁰⁾ GAARDER⁽¹¹⁾ 及び TEAKLE⁽¹²⁾ によると pH 6.5 を境として溶解度が急激に変化し、HIBBARD⁽⁹⁾ や BENNE⁽¹³⁾ は pH 7 前後を境とすることを報告し、更に BENNE⁽¹³⁾ 等の詳細な実験によると Ca ion は pH 5.5 以下では全然 P を沈澱させず、最高の沈澱は pH 7 以上で達せられた。而もこの事は Ca として CaCO_3 , CaO, CaCl_2 の何れを用いた時も略同じであつた。しかし興味ある相異は CaCO_3 の場合に現われた。即ち Ca CO_3 と H_3PO_4 の反応に於ては P の不溶化が pH 7 附近で一旦最高に達し

た後再び低下し pH 10 附近を最低としてまた不溶化が現われた。これに反し CaO , CaCl_2 では、不溶化が一旦最高に達すればそれ以上 pH が高まり 12 以上に至つても変化は起らなかつた。なお同氏の用いた石灰質土壌での曲線は CaCO_3 のものと同様であつた。以上の事実から考察すると Ca ion による P の固定は、Ca 塩の種類を問わず大体 pH 6.5 以下では作用は弱くそれ以上で強く働き、pH 7 以上で最高に達する。而して Ca 塩の種類によつてアルカリ性側の固定の機構に差が認められる。即ち系に CO_3^{--} や HCO_3^- が存在することが一旦最高に達した固定を再び低下させる原因となるようである。然し何れの場合でも Ca による P の固定曲線は中性—アルカリ性に於て最高部を示す処の下弦曲線であることに変わりはない。仍てこの様な形の曲線を以て Ca による固定曲線と認めることとした (第 1 図の (4))。

(3) 活性の Fe, Al に基づく固定に就て考えるに、この種の固定は他の因子のものに比べて最も強力で有効性に戻りにくく特に Fe に於てそうである。この固定は P との結合によつて難溶性の化合物を形成するものである。この化合物は生成の当初は無定形であつても長期間の間には一定の結晶構造を持つに至るものもある。この種の固定によつて生成する化合物として指摘された主なものとしては、 FePO_4 , AlPO_4 , $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe or Al-basic phosphate $\text{Fe}_2(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4$, Al-phospho-silicate complex, Fe-Al-phospho-silicate complex 鉱物化したものとしては Wagnerite, Wavellite (銀星石, $2\text{PO}_4\text{H}_3 \cdot \text{AlO}_2\text{H} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3$), Vivianite (藍鉄鉱 $\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), Dufrenite (緑磷鉄鉱 $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot \text{PO}_4$), Strengite $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$, Variscite $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ^(21, 22) 等が挙げられている。之等の中、青木⁽¹⁹⁾によると $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ は水田土壌で、Fe PO_4 は畑地土壌で固定された P と Fe の化合物であるとし、また永田⁽²⁰⁾によれば火山灰土壌の P の固定は上記の Fe, Al-phospho-silicate complex の生成によるという。

土壌中で直接 P と結合する Fe, Al は hydrate したもので Fe では Monohydrate のものが活性であるが、Al ではどんな hydrate が最も活性であるかは不明のようである⁽²²⁾。

之等の Fe, Al による P 固定の状態は、P との量的割合と系の pH とによつて最も影響をうける。これに就ての佐伯・岡本⁽²³⁾の純系に於ける研究によると次の様である。即ち 1) これらによる P の固定は化学的結合であり、2) 系の $\frac{P}{\text{Fe or Al}}$ 比と P 固定の絶対量とは反比例する。3) 固定の pH range はこの比の大小によつて大いに変化し、この比の大きいほど (P の相対量の高いほど)

固定の pH range は広い。4) 最高固定の pH はこの比の大きいほど低い pH 側に移動する。即ち系の P/Fe が 0.5 から 2 に上るにつれて最高固定の pH は 5 前後から 1.8 位にまで下り、Al の場合には P/Al 比の同様な変化につれて pH 7 前後から 3.3 位にまで下る。5) 生成する不溶性 P 化合物の形態としては、SWENSON 等^(21,24) のいう Fe or Al $(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{PO}_4$ なる形の basic phosphate に殆んど一致していた。

之等の結果から判断すると Fe, Al による P の固定曲線は強酸性及びアルカリ性側に於て急に低下する山形の曲線であつて、系の P/Fe, P/Al の大なるほど曲線の山頂部の pH range は広く、また Fe の場合の山頂は Al よりも遙かに酸性側にある。これは Al は Fe よりも塩基としての性質が強いことによる。Fe や Al による P の最高固定の pH 値に就ては、研究者によつて区々であるが、上の結果から判るように、それは P/Fe, P/Al の如何によつて変化するものであるから、固定因子の判定に當つてはこの点が考慮されねばならぬ。今、佐伯・岡本の結果⁽²³⁾を基礎にして P の最高固定 pH と P/Fe, P/Al との関係を図示すると第 1 図の 10 の様になる。但し図に於て比が 1.5 の時の数値は内挿したものである。この様に比が同じ時は常に Fe による P の最高固定 pH は、Al のそれよりも遙かに低く、同一条件では Al は Fe よりも大体 2 程度高い pH にて P の最高固定を行うことを知る。

第 1 図の 10 に示す様に Fe, Al による P の最高固定 pH は系の P/Fe, P/Al の如何によつて、強酸性から略中性に至る範囲内に生起するが、土壤にあつては活性の Fe, Al が P と作用する為には一旦溶解しなければならぬから、高い pH では溶けて活性化する量が少いので、P との反応の強度は低い pH ほど大となる事になる。それ故に土壤中に存在する活性 Fe, Al によつて示される P の最高固定点は相当低い pH にて現われる可能性が多い訳である。種々の研究を総合すると一般の土壤では Fe による P の最高固定は pH 3-4 の範囲と見なしてよい様であり、Al の場合は第 1 図の 10 の結論から Fe の場合の pH に約 2 を加えて pH 5-6 の間とみなしてよいであろう。

茲に於て一般の土壤に適用する場合は、活性 Fe, Al による P の固定曲線は次の形のものと認定した。即ち“概して裾の峻しい山形の曲線であつて、Fe の場合はその山頂は大体 pH 3-4 の間にあり、Al の場合の山頂は略々 pH 5-6 の範囲に在るを普通とする”。

(4) 最後に Phosphatolysis による固定に就て考察するに、粘土鉱物は弱酸たる珪酸と弱塩基たる Al との塩と見做しうるから、この鉱物は微量ながら溶解し多少とも

イオン化し Al-cation と Si-anion を生成し、P はこの Al-cation によつて固定されるという Low⁽⁸⁾ 等の立論である。この Phosphatolysis が起る場合の P 固定曲線を考えると、粘土鉱物は両性であるから、Al-cation の解離は pH の低いほど大となりその量が多くなる。従て P と作用する程度も大きくなる。然し P と Al との反応は結局前記(3)に述べた純系の場合と同じ経過を辿ることになるので、たとえ Phosphatolysis の現象が存在しても前項 Al による固定曲線と同じ形をとるものと考えられる。従て単に固定曲線の形だけからは、元々存在する活性 Al による固定か、Phosphatolysis による固定かは判別し難いので、後に行う判定には両者を綜合したものととして取扱うことにした。

各土壤の固定曲線の判別

上記の 4 因子について設定した夫々の特性曲線を綜合して土壤に当てはめた模式的な固定曲線を画いてみると第 1 図の 11 の様になる。この曲線を基にして第 1 図の (1) - (12) に示す各土壤の固定曲線を次の様に判断した。

台湾土壤(F)では F 1,2,5 の様に上弦弓状をなすもの F 6 の如く下弦弓状のもの、F 7 の様に上弦彎曲形のもの等の 3 種類に曲線が区別でき、他方海南島土壤(K)では全部のものが起伏に富む下弦曲線を示している。先ず F 1,2,5 の上弦弓状曲線は、第 1 図の 13 の炭素による吸着曲線に酷似しているから、この固定は主として吸着によると判断できよう。念のため他の因子の存否を確かめる

目的で F1 と 2 の結土につき、H-Clay $\left(\frac{N}{25}\text{-HCl 溶脱}\right)$, Ca-Clay (Ca を飽和), no-free Fe-Clay (DROSDOFF 及 TRUOG 法⁽⁹⁾ にて free Fe を除去), Ca-no-free Fe-Clay (free Fe を除き Ca を飽和) を調製して、之に就て原土と同じ方法で固定曲線を求めた (第 1 図の 17 及 18)。H-Clay はその調製上塩基や遊離鉄の一部が除かれているから、P の結合は吸着によると予想されるが⁽²⁰⁾, 果してその曲線は上弦弓形を呈した。これは原土と同じ型である。Ca-Clay では Ca の影響が現われ原土の型と相異している。no-free Fe-Clay は上弦弓状を示し、原土や H-Clay と同型で、遊離鉄の除去によつて殊更に変化はない。Ca-no-free Fe-Clay では Ca の影響が目立つ。これらの事実は F 1,2 と同じであつて、上弦弓型をなす原土は最初の判断通り、各 pH を通じて吸着が主なる因子となつてゐる事を立証するものである。

次に曲線の型から各土壤に於ける固定因子をとりまとめて表示すると第 3 表の様になる。

同表に於て全 pH 区間の項を通覧すると、何れの土壤にも大小の差はあるが吸着が存在している。而も台湾の結土 (F1,2) は吸着が唯一の因子をなしている。之に反

Figure 1. Fixation curves of Phosphorus.

(The black spot on the curve shows a P-fixing power at original soil pH)

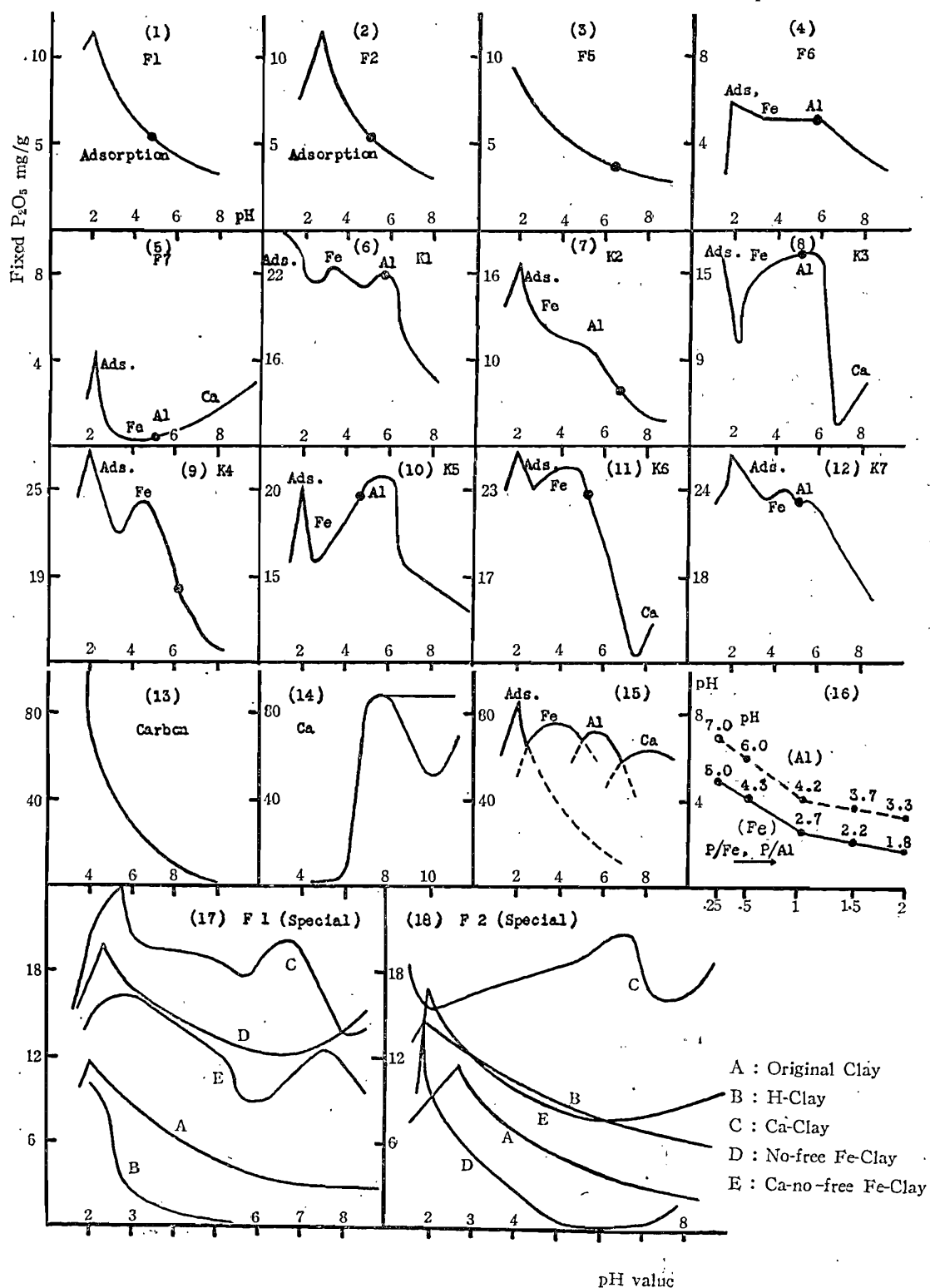


Table 3. Judgement of fixation factors in the soils employed.

Soil No.	at all pH intervals				in range of pH 4-7				at pH of natural soil			
	Adsorpt.	Fe	Al *	Ca	Adsorpt.	Fe	Al	Ca	Adsorpt.	Fe	Al	Ca
F.1	+				+				+			
F.2	+				+				+			
F.5	+			+	+				+			
F.6	+	+	+			+	+				+	
F.7	+	+	+	+		+	+	+		+	+	
K.1	+	+	+			+	+				+	
K.2	+	+	+			+	+				+	
K.3	+	+	+	+		+	+				+	
K.4	+	+				+				+		
K.5	+	+	+				+				+	
K.6	+	+		+		+				+		
K.7	+	+	+		+		+			+	+	

* Include here "Phosphatolysis"

し海南島の赭土(K)では固定因子が多種類でその中、Fe, Al による固定が非常に強力である。この事実は台湾の赭土と対照的特性と認められる。Ca による固定は台湾, 海南島いづれも少数である。

次に同表に於て耕作可能の pH rangeとして pH 4-7 までの間の各土壌の固定を比較すると、台湾の赭土(F1.2)はみな吸着で、海南島は凡て Fe と Al が決定的の因子をなしている。なお同表に於て原土壌の示す pH での固定因子を赭土に就て比較すると、台湾は吸着で海南島は主に Al である。この原土壌の示す pH で、各地域の土壌はどれ程の固定量を示しているかを比較すると次の様になる (P_2O_5 mg/100g)。

台湾: 0.5-5.7 (平均4.0)

赭土 (平均5.6)

海南島: 7.5-23.0. (平均18.2)

花崗岩質 (平均14.8)

玄武岩質 (平均20.8)

即ち海南島の固定量が遙かに高く、而も玄武岩質赭土に於て特に高い。

海南島赭土の固定曲線の高さは第1図に示す通り台湾の夫れを遙かに上廻り各 pH を通じて高い固定力を示しているから、農耕に当つては P の有効化が殊更に重要である。その一手段としての酸度矯正に就て考えるならば現地土壌の pH は第1図に示す様に固定曲線の高い部分に相当し、而もその pH を僅かに高めれば、曲線の急降下の部分に丁度当てはまることになる。仍て海南島土壌では酸度矯正が、他方、P の利用にも甚だ有効であることを知つた。

我国の土壌に就て行われた諸氏の固定曲線と、^(19 27 28) これらの熱帯土壌とを比較すると、固定の様相に興味ある差異が認められる。

D 綜 括

(1) 土壌の pH: 海南島及び比島は何れも平均凡そ 5.7

で台湾は遙かに低く 4.8 であつた。

(2) HECK 法 P 固定力: 台湾と海南島は略相等しく平均 88% で、比島は最も低く 83% であつた。この値はハワイ土壌と同程度であるが、兵庫県の平均 56% に比べると固定力は非常に高い。海南島では玄武岩質のものが花崗岩質よりも遙かに高い。

(3) TRUOG 法有効 P 量: 平均すると台湾: 海南島: 比島 = 15:13:9 P_2O_5 mg/100g であつた。海南島では花崗岩質のものが極めて高く平均 19mg で、玄武岩質は 8 mg であつた。

(4) P 吸収係数: 3 地域とも大差なく何れも高い値を示した (総平均 1,000 強)。各地域内では吸収係数と固定力とは平行していた。有効 P の、吸収係数に対する割合は台湾, 海南島, 比島夫々 1.5 : 1.4 : 0.8 で比島が特に低かつた。

(5) 固定の型: 予想される個々の固定因子につき考察を行つて、各因子に由来する固定曲線の型を設定し、これを、各土壌に就て求めた pH と固定量との相関固定曲線に当てはめて、その型を判定した。その結果は次の通りであつた。

a) 吸着による固定は凡ての土壌に認められた。この固定量は系の pH に反比例した。

b) 台湾の赭土の固定因子は吸着だけであつた。このことは他の土壌と異なる特色である。

c) 赭土以外の台湾土壌は吸着の外に、Fe, Al 或は Ca による固定が認められた。

d) 海南島土壌 (全部赭土) は吸着, Fe, Al の 3 者による固定が大部分で、若干の土壌は更に Ca の固定も認められた。

e) 吸着が他の因子と共に起る土壌では、吸着による固定は強酸性に於てのみ認められた。

f) 可耕 pH range に於ける固定は、台湾赭土は吸着で、海南島のそれは Fe と Al による固定であつた。

g) 原土壌の示す pH に於ける固定は、台湾粘土では吸着固定で、海南島の大部分の粘土は Al 固定であり、Fe によるものは少数であつた。

h) 各土壌の固定曲線を原土壌の示す pH と対照して考えると、土地の酸性の矯正によつて P の有効度を増す企ては台湾よりも海南島土壌に於て容易且つ能率的に達成しうる。

本研究に際し分析に多くの援助を与えられた保田恵美子 (旧中村)、舘金塗の両氏に対し、また海南島土壌について便宜を与えられた高木一夫農学士に対し茲に深い謝意を表する。

文 献

- 1) TRUOG, E. J.: *Am. Soc. Agron.*, **22**, 874, 1930
- 2) HECK, A. F.: *Soil. Sci.*, **37**, 477, 1934
- 3) DROSDOFF, M. a. TRUOG, E.: *J. Am. Soc. Agron.*, **27** 312, 1935
- 4) 佐伯秀章・東順三: 兵庫農大研究報告, 農化篇, **1**, 27, 1953
- 5) HECK, A. F.: *J. Am. Soc. Agron.*, **27**, 874, 1935
- 6) 高木一夫: 熱帯農学会誌, **15**, 112, 1943
- 7) DAVIS, L. E.: *Soil Sci.*, **40**, 129, 1935
- 8) LOW, P. F. a. BLACK, C. A.: *Soil Sci.*, **70**, 273, 1950
- 9) HIBBARD, P. L.: *Soil Sci.*, **39**, 337, 1935
- 10) COOK, R. L.: *J. Am. Soc. Agron.*, **27**, 297, 1935
- 11) GAARDER, T.: Meddelake Nr. 14 Fra. Vestlandes Forstlige Forsoksstation, 1930
- 12) TEAKLE, L. J. H.: *Soil Sci.*, **25**, 143, 1928
- 13) BENNE, E. J. et al.: *Soil Sci.*, **42**, 29, 1936
- 14) LEWIS, J. C. L. et al.: *Soil Sci.*, **74**, 227, 1952
- 15) PUCH, A. J.: *Soil Sci.*, **38**, 315, 1934
- 16) RAVITOVICH, S.: *Soil Sci.*, **38**, 219, 1934
- 17) ROSZMANN, C. A.: *Soil Sci.*, **24**, 465, 1927
- 18) KAASCH, W.: *Bdk. Pflern.*, **23**, 17, 1941
- 19) 青木茂一: 土肥, **16**, 75, 1942; **15**, 182, 1941
- 20) 永田正直: 佐賀大学農学教室報告, 1951
- 21) DALTON, J. D. et al.: *Soil Sci.*, **73**, 173, 1952
- 22) BEATER, B. E.: *Soil Sci.*, **44**, 277, 1937
- 23) 佐伯秀章・岡本昌雄: 土肥, **23**, 253, 1953; **24**, 36, 1953
- 24) SWENSON, R. M. et al.: *Soil Sci.*, **67**, 3, 1949
- 25) 三好政寿: 土肥, 8 補冊, **61**, 1934
- 26) 塩入松三郎: 日本学協報告, **10**, 694, 1934
- 27) 川口桂三郎: 農学研究, **36**, 467, 1944
- 28) DOUGHTY, J. L.: *Soil Sci.*, **29**, 23, 1930
- 29) TOBIA, S. K. a. MILAD, N. E.: *J. Sci. Food Agr.*, **5**, 156, 1954

SUMMARY

Tropical soils collected from Formosa, Hainan and Philippine Islands were worked out to be determined their phosphorus status and type of fixation. Most of these soils used here were lateritic soils except in

a part of Formosan soils.

The following conclusions were thereby drawn:

1) Soil pH: Hainan I. and P. I. showed a similar value one another, about pH 5.7 on the average, and they were much higher than Formosa being a mean value of pH 4.8.

2) Heck's fixation power: Lateritic soils of Formosa showed a fixation power of 88% as well as Hainan I., while that of P. I. was only 83%. These values in the 3 tropical areas lie in same level as those in Hawaii which have been reported by Heck, but much more higher in comparison with those in Hyogo Prefecture, Japan, being only 56%. In Hainan I., fixation by lateritic soils derived from basalt was more powerful as much as 10% than granite origin.

3) Truog's available P: Formosa: Hainan I.: P. I. = 15: 13: 9 P_2O_5 mg/100g, on the average. In Hainan I., granite soils contained higher amount of available P than basaltic, that is, 19:8 mg respectively.

4) P-absorption coefficient: P-absorption coefficient (P_2O_5 mg/100g) which estimated by addition of 2.5% Am-phosphate solution was not in noticeable difference among these 3 areas, it was however a striking high value comparing with Japanese soils.

5) Type of P-fixation: To determine the fixation type of these tropical soils, fixation curve of the soils functioned by pH value was established (Fig. 1) and was thereafter examined by comparing with a curve shown by individual factor to be assumed in P-fixation of soils. This experiment was not undertaken on P. I. soils for certain reasons.

Conclusions obtained are as follows:

a) Fixation due to adsorption was found in all the soils used, and its power was in reverse proportion to pH value of the system.

b) Fixation factor in Formosan lateritic soils was nothing else but adsorption, whereas most of Hainan I. soils were simultaneously fixed by the following 3 factors, namely adsorption, Fe and Al, on the other hand, few other soils were retained also by Ca.

This difference in the type of fixation between Formosan and Hainan I. soils is highly significant and a fact worthy of note.

Since the adsorption was greatly enhanced only on the extremely strong acid range when the adsorption took place along with other factors as seen in the case of Hainan I. soils, fixation in the pH range generally shown in arable lands was made, in Hainan I., only by Fe and Al.

From the fixation curves of these soils, it is postulated that attempt to rendering available of P to a plant by means of liming practice is liable to be accomplished much more efficiently in Hainan I. than in Formosa.

(Laboratory of Soil Science, Hyogo Univ. of Agr., Japan)

(註) 本研究の一部は昭和26年5月、日本農学会土壌肥料部会にて講演発表